

Japanese Patent Laid-open Publication No. HEI 11-501164 A

Publication date : January 26, 1999

Applicant : Arukateru Arusutomu konpani Jineraru
Derekutorisite

5 Title : Optical Amplifier Apparatus

[ABSTRACT]

When a mixture of optical signals having different wavelengths is transmitted, there occurs attenuation in optical parts, such as, for example, a photo-coupler and a glass fiber. This attenuation is compensated for by an optical amplifier (EDFA) having wavelength dependency amplification that can be adjusted within an optical amplifier apparatus (REG). The amplifier apparatus (REG) has a controllable optical attenuation unit (DG) and a control unit (CTRL), in addition to the amplifier (EDFA). The amplification that is achieved by the amplifier (EDFA) nonlinearly depends on the wavelength in certain output power. The shape of an amplification curve can be adjusted based on a pump light source (PUMP) of the amplifier, and the attenuation can be achieved by the attenuation unit (DG). The shape of the amplification curve and the attenuation achieved by the attenuation unit (DG) are adjusted by the control unit (CTRL) according to the level of the optical signal in the output of the amplifier (EDFA).

Optical amplifier apparatus

Fig. 2 shows an amplifier apparatus according to the present invention. An amplifier of this structure example has been designed as a light regenerator REG. The light regenerator REG includes a variable attenuator DG, a variable gain optical amplifier EDFA, a control unit CTRG, and an asymmetrical coupler K2 having a distribution of 1 : 10, for example. The light regenerator REG has a composite signal input E and a composite signal output A. The composite signal input E is connected to the composite signal output A via a series circuit that includes the variable attenuator (DG), the variable gain optical amplifier (EDFA), and the asymmetrical coupler K2. In this structure example, the optical amplifier EDFA is an erbium-doped fiber amplifier. It is possible to adjust the gain of the optical amplifier EDFA based on the pump output that is applied to this. The gain of the optical amplifier EDFA is wavelength-dependent as a function of the input signal and the pump output level. This gain draws a nonlinear track for the wavelength. It is possible to individually adjust the gain curve of a wavelength range from 1520 to 1570 nm based on the input signal and the pump output level. When the attenuation in a wavelength λ_1 and a wavelength λ_2 has been selected to have the same signal level that appears in the output of the optical amplifier EDFA, it is possible to

compensate for the wavelength dependency attenuation for the wavelength λ_1 and a wavelength λ_2 .

Ten percent of the composite signal is transmitted to
5 the wavelength selective coupler K3. The coupler K3 divides the 10% of the composite signal according to the wavelength. The optical signal of the wavelength λ_1 is transmitted to the photoelectric converter OE1, and is converted into an electric signal there. This electric signal is transmitted to the
10 correcting unit KOR. The optical signal of the wavelength λ_2 is transmitted to the photoelectric converter OE2, and is converted into an electric signal there. This electric signal is also transmitted to the correcting unit KOR.

The correcting unit KOR includes a micro controller
15 having two internal analog / digital converters and an internal memory, such as, for example, an EPROM (erasable and programmable read-only memory). The output signals of the photoelectric converter OE1 and OE2 are converted into digital signals by the analog / digital converters. Each digital signal
20 determines a set of parameters for pump output of the amplifier EDFA, and a control signal for the attenuator DG. The memory stores values of a gain curve of the amplifier EDFA for various levels of input power, as a function of wavelength. The digital signal is compared with a stored value, and control signals
25 for the pump system light source PUM and for the control unit

STE are determined based on a result of this comparison.

The pump system light source PUM supplies a necessary pump light to the optical amplifier EDFA. When the output of the pump system light source PUM is higher, the number of
5 excitation electrons that can be utilized within the optical amplifier EDFA becomes larger. The output of the pump system light source PUM is adjusted as a function of a value that is determined by the correcting unit KOR.

The control unit supplies the attenuation adjustment
10 control voltage to the optical attenuator DG, as a function of a value that is determined by the correcting unit KOR.

1) The control unit includes two waveform selective couplers. One waveform selective coupler filters an optical
15 signal having a lowest wavelength from the composite signal, and the other coupler filters an optical signal having a highest wavelength. The filtered optical signals are photoelectrically converted, and the converted signals are transmitted to the correcting unit. The correcting unit
20 carries out the subsequent processing as described in the structure example.

(12) 公表特許公報 (A)

株エムテック関東
(11)特許出願公表番号

特表平11-501164

(43)公表日 平成11年(1999)1月26日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号
H 0 1 S	3/10
H 0 4 B	10/16
	10/17
H 0 4 J	14/00
	14/02

FI		
H01S	3/10	Z
H04B	9/00	E
		J

審查請求 未請求 予備審查請求 未請求(全 16 頁)

(21)出願番号	特願平9-522526
(86)(22)出願日	平成8年(1996)12月20日
(85)翻訳文提出日	平成9年(1997)8月20日
(86)国際出願番号	PCT/EP97/00116
(87)国際公開番号	WO97/23066
(87)国際公開日	平成9年(1997)6月26日
(31)優先権主張番号	195 47 603. 4
(32)優先日	1995年12月20日
(33)優先権主張国	ドイツ (DE)
(81)指定国	EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, CN, JP, US

(71)出願人 アルカテル・アルストム・コンパニイ・ジ
エネラル・デレクトリシテ
フランス国、エフー75008・パリ、リュ
ラ・ボエティ、54

(72)発明者 オツテルバツハ、ユーゲン
ドイツ国、デー70499・シュトゥットガル
ト、ハンバツヘル・シュトラーセ・69

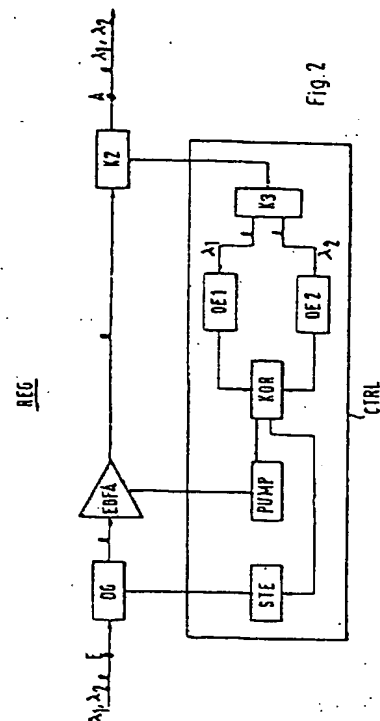
(72)発明者 フエイフエル、トーマス
ドイツ国、デー70569・シュトゥットガル
ト、レンツキルヘル・シュトラーセ・5・
アー

(74)代理人 弁理士 川口 義雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光増幅装置

(57) 【要約】

様々な波長の光信号の混合したものを伝送する際に、光学部品、例えば光カプラやグラスファイバ内で減衰が起こる。この減衰は、光増幅装置（REG）内で調整可能な波長依存性増幅を有する光増幅器（EDFA）で補償される。増幅装置（REG）は、光増幅器（EDFA）の他に、制御可能光減衰手段（DG）と制御ユニット（CTRL）を有する。増幅器（EDFA）によって達成される増幅は、ある出力電力において波長に対して非線形に依存する。増幅曲線の形状は、増幅器のポンプ光源（PUMP）によって調整することができ、減衰は減衰手段（DG）によって達成できる。増幅曲線の形状および減衰手段（DG）によって達成される減衰は、増幅器（EDFA）の出力における光信号のレベルに応じて制御ユニット（CTRL）により、調整される。



【特許請求の範囲】

1. 異なる波長の光信号からなる複合信号を伝送するための光増幅装置 (REG) であって、可変減衰器 (DG) と、可変利得光増幅器 (EDFA) と、カブラ (K2) と、複合信号入力 (E) と、複合信号出力 (A) と、可変減衰器 (DG) および可変利得光増幅器 (EDFA) に対する制御信号を決定するための制御ユニット (CTRL) とを備え、

複合信号入力 (E) が、可変減衰器 (DG) と可変利得光増幅器 (EDFA) とカブラ (K2) との直列結合を介して複合信号出力 (A) に接続され、

可変利得光増幅器 (EDFA) の出力における複合信号の一部分がカブラ (K2) を介して制御ユニット (CTRL) に供給可能であり、

制御ユニット (CTRL) 内で複合信号の前記部分の光信号の個々のレベルから制御信号が決定可能である光増幅装置 (REG)。

2. 光増幅器が希土類元素でドープしたファイバ増幅器であることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光増幅装置

(REG)。

3. 制御ユニット (CTRL) が、複合信号から光信号をフィルタするための波長選択性カブラ (K3) を備えることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光増幅装置 (REG)。

4. 制御ユニット (CTRL) が、光信号を電気信号に変換するための光電変換器 (OE1、OE2) と、電気信号のレベルから制御信号を決定するための補正ユニット (KOR) とを備えることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光増幅装置 (REG)。

5. 補正ユニット (KOR) が、その中に異なる入力レベルおよび波長について、可変利得光ファイバ増幅器 (EDFA) の利得曲線の値が記憶されるメモリを備えており、複合信号の前記部分の光信号のレベルを記憶値と比較することによって制御信号が決定可能であることを特徴とする、請求の範囲第4項に記載の光増幅装置 (REG)。

6. 光信号が1520から1570nmの範囲の波長で伝送されることを特徴と

(3)

特表平 11-501164

する、請求の範囲第 1 項に記載の光増幅装置 (R E G)。

【発明の詳細な説明】

光増幅装置

本発明は、特許請求の範囲第1項に記載の光増幅装置に関する。

光増幅器は、光伝送システム、例えばケーブルテレビ分配システムに使用されており、光学部品、例えばカブラやグラスファイバによってその信号レベルが減衰された光信号を増幅するのに使用される。多くの光学部品が波長依存性減衰を引き起こす。光伝送システムが、それぞれ異なる波長の複数の光信号からなる複合信号を伝送する場合、波長依存性減衰により光増幅器の入力で異なるレベルの光信号が受信される。増幅器は光入力パワーの所定の範囲内の様々なレベルの光信号を増幅し、そのために波長依存性減衰が加入者まで拡張され、したがって最も減衰された波長によって伝送レンジが決定される。

論文「Equalization in Amplified WDM Lightwave Transmission Systems」、IEEE Photonics Letters, Vol. 4, No. 8, 1992年8月、pp. 920-922に記載された光伝送システムにおいては、それぞれ

波長の異なる複数の光信号からなる複合信号が送信ユニットよりグラスファイバ経路を介して受信ユニットに送られる。波長依存性減衰を補償し、受信ユニットに同じレベルの光信号をもたらすために、光信号が送信ユニットから可変光減衰器を介してそれぞれ異なった信号レベルで送られる。その波長が大きく減衰される光信号ほど高い信号レベルで送られる。信号レベル調整のため、受信ユニットから送信ユニットへの監視線が必要である。分岐型、例えばツリー形分配ネットワークの送信ユニットと受信ユニットの間の距離およびその間の光学部品の数が異なるので、すべての受信ユニットで同じ信号レベルが生じるように送信方向で光信号のレベルを調整することは、条件付きでしか可能でない。

したがって、本発明の課題は、波長依存性減衰をよりフレキシブルに補償できる装置を提供することである。

この課題は、特許請求の範囲第1項の原理によって達成される。有利な構成は、従属する請求の範囲に記載されている。

本発明の特別の利点は、それぞれ波長が異なり、まとめてグラスファイバ経路を介して伝送される光信号の伝送レンジが、エルビウムドープファイバ増幅器で波長依存性スペクトルを光

学的に操作することによって増大することである。

次に、第1図から第3図を使って構成例により本発明を説明する。

第1図は、本発明による伝送システムの構成図である。

第2図は、本発明による増幅装置の構成の概略図である。

第3図は、各ケースにおける波長に対する信号レベルを描いた三つのグラフである。

次に、第1図から第3図を使って本発明の一構成例について説明する。第1図に、本発明による伝送システムを示す。伝送システムSYSは、例えばハイブリッド分配システムである。中央ZEから分配ネットワークNETを介して複数の受信ユニットEMP1～EMPXに光信号が送られる。

中央ZEは送信ユニットSEN1、送信ユニットSEN2、および光カブラK1を備える。

波長 λ_1 の光信号が送信ユニットSEN1中で生成される。光信号の内容は、例えば映画フィルムであり、画面に表示するため、中央ZEからグラスファイバ経路を経て映画館の受信ユニットEMP1へ高品質で伝送される。波長 λ_1 は例えば1530nmの値を有する。中央送信ユニットSEN1は λ_1

レーザを含み、その出力が、例えば映画フィルムのデジタルで利用できるビデオおよびオーディオデータで変調される。

送信ユニットSEN2は波長 λ_2 の光信号を生成する。波長 λ_2 は例えば1560nmの値を有する。光信号の内容は例えばテレビジョンプログラムであり、中央ZEから光グラスファイバ経路および同軸ケーブルの加入者回線ネットワークANETを介して複数の送信ユニットEMP2～EMPXに伝送される。送信ユニットSEN2は λ_2 レーザを含み、その出力信号がテレビジョンプログラムのビデオおよびオーディオデータで変調される。

光カプラK1において、送信ユニットSEN1の光信号と送信ユニットSEN2の光信号が合成されて複合信号となり、それが分配ネットワークNETに送られる。

分配ネットワークNETは、複数の光カプラ、グラスファイバ経路、および恐らくは中間増幅器を備え、この中間増幅器中で光信号が増幅される。波長依存性減衰は、例えばグラスファイバ線や多段カスケード式フュージョンカプラなど多数の光学部品中で分布係数が例えば1:8または1:16で起こる。これは、個々の光信号のレベルが異なった程度で減衰することを

意味する。例えば、波長 λ_1 の光信号は波長 λ_2 の光信号よりも大きく減衰される。波長 λ_1 の光信号と波長 λ_2 の光信号が中央ユニットから同じ信号レベルで発信される場合、分配ネットワークNETの通過後、波長 λ_1 の光信号は波長 λ_2 の光信号より信号レベルが低くなる。この波長依存性減衰を補償するため、複合信号は増幅装置REGを介して送られる。この場合、増幅装置は光再生器として設計されている。

複合信号の光信号は、光再生器REG中でそれぞれ異なった程度に増幅される。波長 λ_1 の光信号はこの場合、例えば減衰がより大きい、波長 λ_2 の光信号より高い利得で増幅される。そのために、光信号のレベルが光再生器REGの出力で決定され、二つの波長 λ_1 および λ_2 の波長依存性減衰がその関数として調整される。このとき光再生器REGの出力は、その光信号が同じレベルを有する複合信号を含んでいる。

光再生器REGから複合信号はランプ装置VEに送られる。ランプ装置VEは波長選択性カプラと光電変換器を含んでいる。波長選択性カプラは複合信号を波長 λ_1 の光信号と波長 λ_2 の光信号に分離する。波長 λ_1 の光信号はグラスファイバ線を介して映画館の受信ユニットEMP1に送られる。波長 λ_2 の光信

号は光電変換器によって電気信号に変換され、加入者回線ネットワークを介して様々な加入者の受信ユニットEMP2~EMPXに送られる。

第2図に、本発明による増幅装置を示す。この構成例の増幅器は光再生器RE

Gとして設計されている。光再生器REGは、可変減衰器DG、可変利得光増幅器EDFA、制御ユニットCTRL、および分配比が例えば1:10の非対称カブラK2を備える。光再生器REGは複合信号入力Eと複合信号出力Aを有する。複合信号入力Eは、可変減衰器(DG)と可変利得光増幅器(EDFA)と非対称カブラK2とを含む直列回路を介して複合信号出力Aに接続されている。この構成例では、光増幅器EDFAはエルビウムドープファイバ増幅器である。光増幅器EDFAの利得は、それに供給されるポンプ出力によって調整できる。光増幅器EDFAのこの利得は、入力信号およびポンプ出力のレベルの関数として波長依存性である。この利得は波長に対して非直線的軌跡を描く。波長範囲1520~1570nmでの利得曲線の形状は、入力信号およびポンプ出力のレベルによって個別に調整することができる。波長 λ でも波長 λ でも光増幅器のEDFAの出力に現れる信号のレベル、

ルが同じになるように波長 λ および波長 λ での減衰を選択した場合、波長依存性減衰が補償される。

光減衰器DGは、複合信号のレベルを1より大きなファクタで均等に減衰させる。このファクタの調整は、例えば制御電圧によって行う。

光再生器REGの入力の複合信号は、光減衰器DG、光増幅器EDFAおよび非対称カブラK2を介して再生器REGの出力に直列に送られる。

複合信号は非対称カブラK2で分割される。複合信号の例えば90%が光再生器REGの出力に送られ、10%が制御ユニットCTRLに送られる。制御ユニットCTRLは、光減衰器DGの制御用と、光増幅器EDFAの光ポンプ出力の制御用との二つの出力を有する。

✓ 制御ユニットCTRLは、一つの波長選択性カブラK3と、二つの光電変換器OE1、OE2と、一つの補正ユニットKORと、一つのポンプ式光源PUMPと、制御装置STEを備える。

複合信号の10%は波長選択性カブラK3に送られる。カブラK3は複合信号の10%を波長に応じて分割する。波長 λ

の光信号は光電変換器OE1に送られ、そこで電気信号に変換される。この電気信号は補正ユニットKORに送られる。波長 λ_1 の光信号は光電変換器OE2に送られ、そこで電気信号に変換される。この電気信号も補正ユニットKORに送られる。

補正ユニットKORは、二つの内部アナログデジタル変換器および内部メモリ、例えばいわゆるEPROM（消去可能プログラマブル読取り専用メモリ）を備えるマイクロコントローラを備える。光電変換器OE1、OE2の出力信号はアナログデジタル変換器によってデジタル信号に変換される。このデジタル信号は、増幅器EDFAのポンプ出力用のパラメータの組と、減衰器DG用の制御電圧を決定する。メモリは、様々な入力電力に対する増幅器EDFAの利得曲線の値を波長の関数として記憶する。このデジタル信号が記憶された値と比較され、それからポンプ式光源PUMP用および制御装置STE用の制御信号が決定される。

ポンプ式光源PUMPは、必要なポンプ光を光増幅器EDFAに供給する。ポンプ式光源PUMPの出力が高いほど、誘導放出のために光増幅器EDFA内で利用できる励起電子が多くなる。ポンプ式光源PUMPの出力は、補正ユニット

KORによって決定される値の関数として調整される。

補正ユニットKORによって決定される値の関数として、制御装置は減衰調整用制御電圧を光減衰器DGに供給する。

第3図に、波長に対する信号レベルを描いた三つのグラフを示す。第3a)図は第1図の中央ZEの出力における複合信号レベルを示すグラフである。波長 λ_1 の光信号のレベルと波長 λ_2 の光信号のレベルが等しく、それぞれ P_0 の値をとる。

第3b)図は、第1図の光再生器REGへの入力における複合信号レベルを示すグラフである。分配ネットワーク中での波長依存性減衰のために、波長 λ_1 の光信号のレベルは例えば波長 λ_2 の光信号のレベルより高く、 P_1 の値をとる。波長 λ_2 の光信号のレベルは値 P_2 をとり、 $P_1 > P_2$ である。第1図の光増幅器EDFAの増幅ファクタは、波長 λ_1 でも λ_2 でも第2図の減衰器DGとポンプ式光源

PUMPによって、波長 λ_1 の増幅ファクタが波長 λ_2 の増幅ファクタの P_2/P_1 倍になるように調整される。このため、波長 λ_1 の光信号のレベルと波長 λ_2 の光信号のレベルが光増幅器EDFAの出力で同じになり、 P_2 に相当する。

第3c)図は、第1図の光再生器REGの出力における複合

信号のレベルを示すグラフである。波長 λ_1 の光信号のレベルと波長 λ_2 の光信号のレベルは同じである。それらの値は P_2 である。

この構成例の伝送システムはハイブリッド分配システムである。ハイブリッド分配システムの代りに、光分配システム、あるいは戻りチャネルとハイブリッドまたは純光学式の構造を備えた広帯域通信システムも使用できる。本発明は、いくつかの連続する再生器と一緒に使用して、複合信号の伝送レンジを増大させることもできる。本発明はさらに光受信器内の前置増幅器として使用することもできる。その場合、既存の光電変換器を使用することができ、かつ減衰補償した複合信号が更に光学部品の影響を受けないと有利である。もう一つの利点は、波長依存性減衰の変動が平滑化できることである。

この構成例では光増幅器としてエルビウムドープファイバ増幅器が使用される。エルビウムドープファイバ増幅器の代りに、例えば希土類元素でドープしたファイバ増幅器など他のどんな光増幅器も使用できる。

この構成例では、複合信号は二つの波長を含んでいる。複合信号は三つ以上の波長を含むこともできる。その場合は制御ユ

ニットを例えば下記の二つの方法で変更することができる。

- 1) 制御ユニットが二つの波長選択性カブラを含む。一方の波長選択性カブラは複合信号から最も低い波長の光信号をフィルタし、他方のカブラは最も高い波長の光信号をフィルタする。フィルタされた光信号は光電変換され、続いて補正ユニットに送られて、そこで構成例について述べたような後続処理が行われる。
- 2) 制御ユニットが、異なる波長の個々の光信号をフィルタするためのいくつかの波長選択性カブラと、各波長ごとに光信号を電気信号に変換するための一つの光電変換器とを含む。この電気信号はコンピュータユニットを含む補正ユニッ

トに送られる。コンピュータユニットはすべての電気信号のレベルをEPROMに記憶し、補間および記憶していた利得曲線値との比較によって、ポンプ式光源および制御装置用の制御信号を決定する。

したがって、本発明は任意の複合信号における任意の減衰損失を補償するために使用できる。

【図1】

SYS

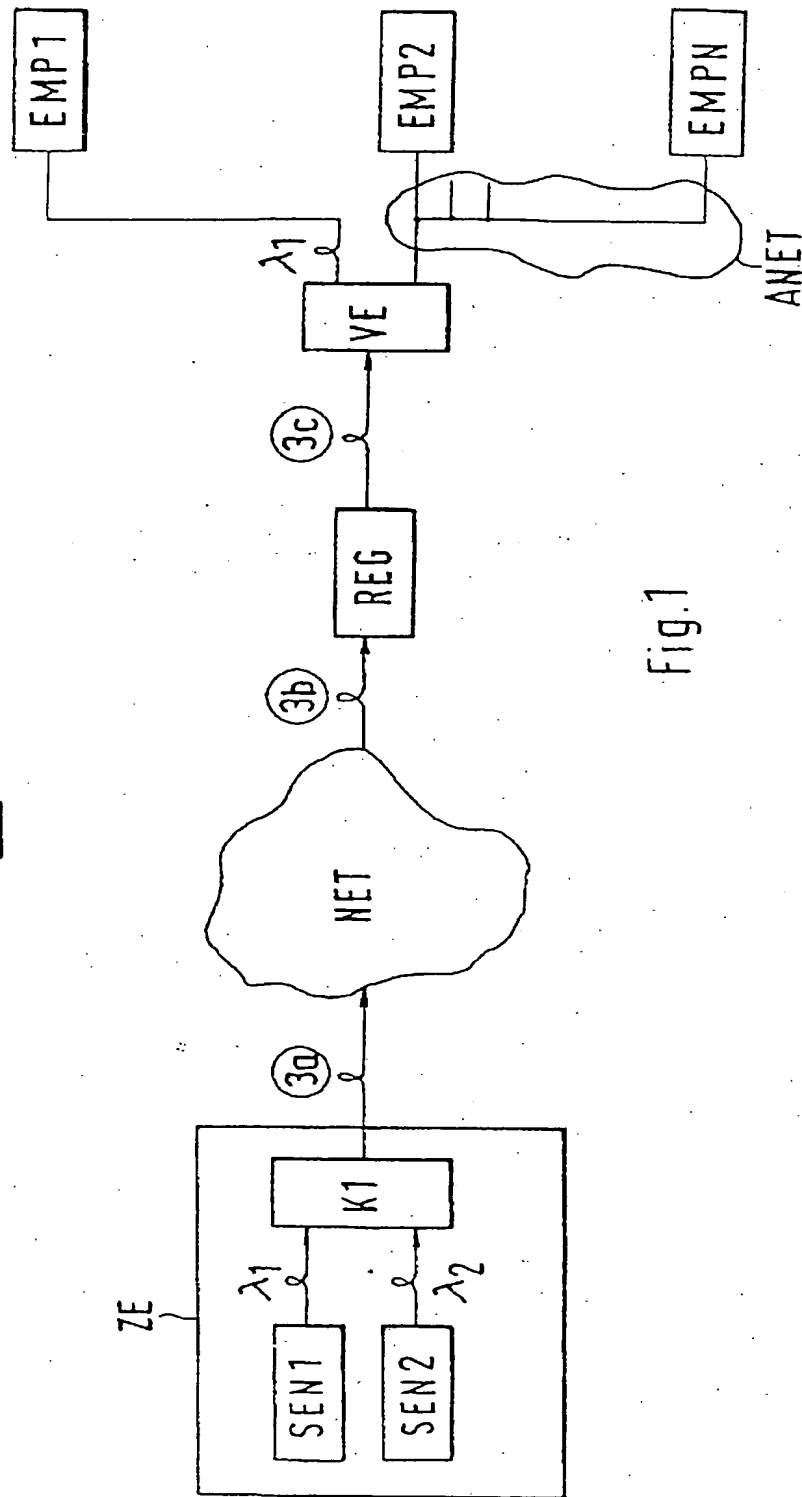


Fig.1

√【图2】

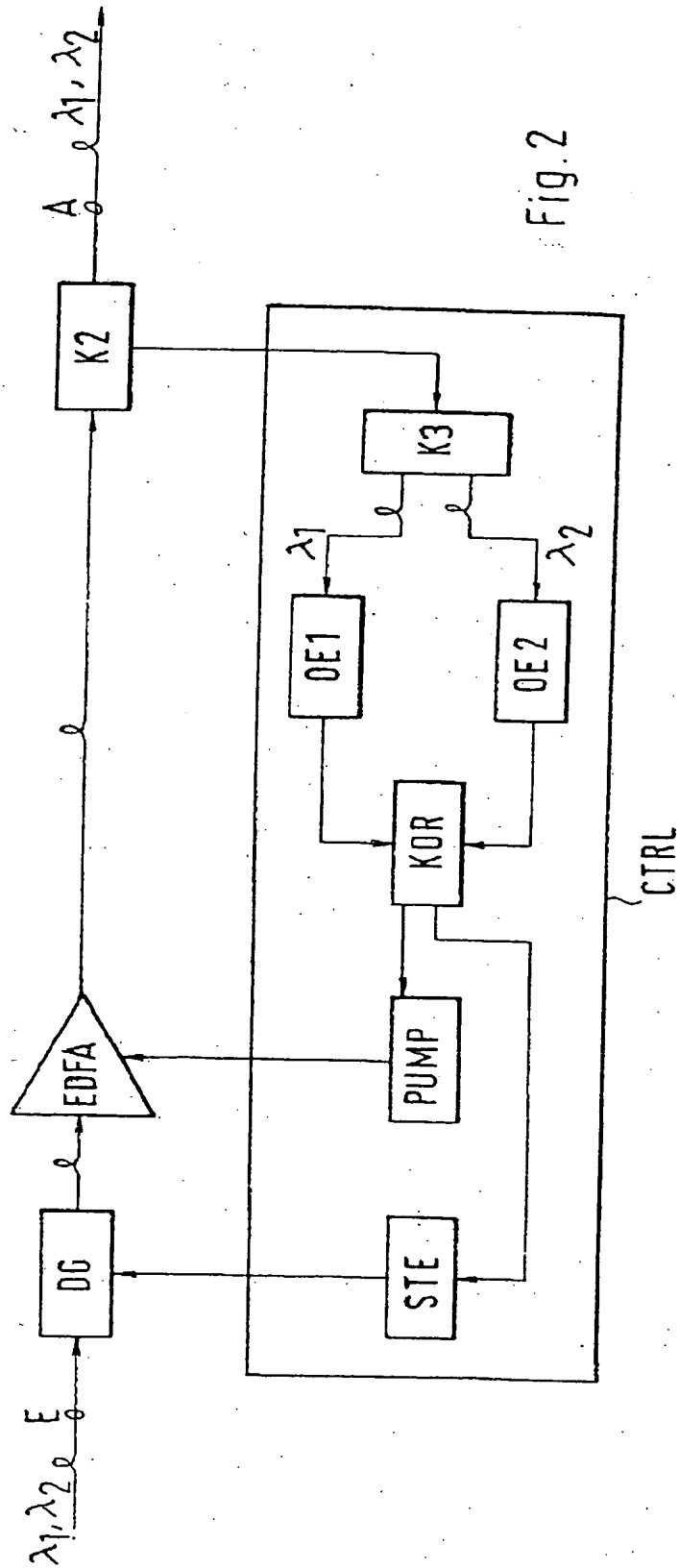
REG

Fig. 2

【图 3】

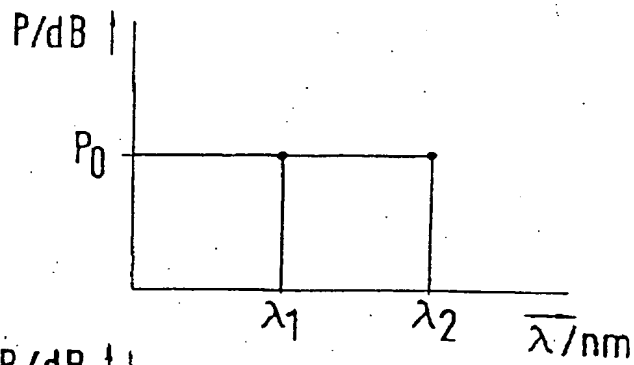


Fig. 3a

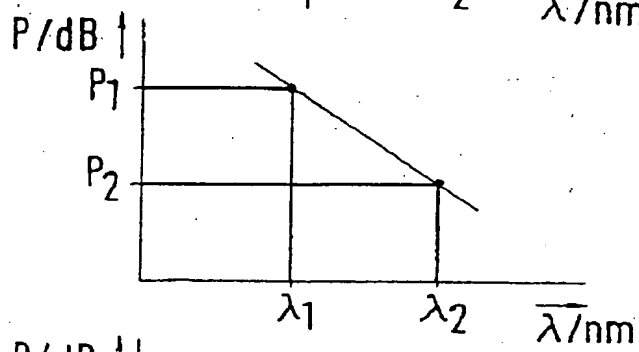


Fig. 3b

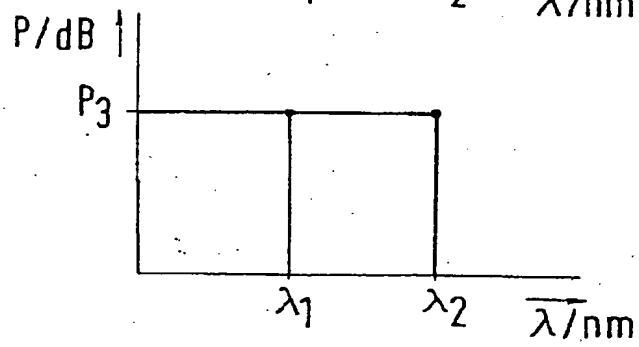


Fig. 3c

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Appl. No.
PCT/EP 97/00115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 H04B19/17		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 H04B H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 467 218 A (TAKEDA KEIKO ET AL) 14 November 1995 see column 6, line 56 - column 7, line 17; figure 11	1-6
A	US 5 436 760 A (NAKABAYASHI YUKINOBU) 25 July 1995 see column 2, line 14 - column 3, line 55; figure 1	1-6
A	EP 0 663 738 A (ALCATEL NV) 19 July 1995 see column 3, line 45 - column 4, line 35	1
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 April 1997		Date of mailing of the international search report 13. 05. 97
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Exelmans, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No. PCT/EP 97/00116		
C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 480 (P-1284), 5 December 1991 & JP 03 206427 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 9 September 1991, see abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No.

PCT/EP 97/00116

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5467218 A	14-11-95	JP 7176812 A	14-07-95
US 5436760 A	25-07-95	JP 7028105 A	31-01-95
EP 0663738 A	19-07-95	FR 2715017 A	13-07-95
		CA 2139813 A	14-07-95
		JP 7221737 A	18-08-95
		US 5510926 A	23-04-96